

ACTIONNEUR HYDRAULIQUE DE SOUPAPES POUR MOTEUR A PISTION

La présente invention est relative à un actionneur hydraulique permettant le
5 contrôle de la levée, de l'Avance à l'Ouverture et/ou du Retard à la Fermeture
des soupapes des moteurs à pistons.

Actuellement, le point d'ouverture des soupapes des moteurs à piston en
fonction de l'angle de rotation du vilebrequin est défini par le phasage angulaire
10 du ou des arbres à cames par rapport audit vilebrequin. La durée d'ouverture et
la levée des soupapes sont définies par le profil de came. En règle générale et
dans la majorité des moteurs actuellement produits par l'industrie automobile,
ces caractéristiques sont fixes.

15 L'expérience a mis en évidence l'intérêt de contrôler les paramètres que sont le
point d'ouverture, la durée d'ouverture et la levée des soupapes des moteurs à
combustion interne à pistons utilisés en automobile. En effet, ces paramètres
ont une forte incidence sur le remplissage du ou des cylindre(s) et sur les
conditions de combustion, et les contrôler en marche permet d'optimiser le
20 rendement et la puissance en fonction du régime de rotation du moteur et de la
charge recherchée, et de maîtriser les émissions.

Le contrôle de ces paramètres permet notamment :

- 25 • De disposer d'un couple élevé à tous régimes de rotation en provoquant
l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et/ou d'échappement au
moment le plus propice au remplissage maximal du cylindre tenant compte
notamment de l'inertie des gaz dans les tubulures d'admission et
d'échappement.
- 30 • De disposer d'une puissance maximale élevée sans pénaliser le couple et la
souplesse du moteur à faibles régimes de rotation.
- 35 • De régler la charge introduite dans le cylindre par vannage directement au
niveau de la soupape au lieu d'avoir recours à un papillon en agissant sur la
levée et/ou le temps d'ouverture de la ou des soupape(s) d'admission, ceci
limitant les pertes par pompage nuisibles au rendement du moteur.

- De disposer d'une meilleure maîtrise de la turbulence dans la chambre de combustion notamment grâce au contrôle de la hauteur de levée de soupape qui permet de maîtriser la vitesse des gaz introduits dans le cylindre, et de ce fait, de contrôler l'homogénéité du mélange air/carburant et la vitesse de combustion.
- 5
- De régler le taux de gaz brûlés dilués dans la charge introduite dans le ou les cylindre(s) notamment en choisissant un croisement de soupapes (temps où les soupapes d'admission et d'échappement sont ouvertes simultanément dans un même cylindre) plus ou moins important, ce qui permet un meilleur contrôle des émissions et du rendement, et permet une moindre dispersion cyclique (irrégularités de combustion, ratés d'allumage) ce qui autorise un abaissement du régime de ralenti du moteur.
- 10
- 15
- En outre, le contrôle du Retard Fermeture Admission autorise le réglage de la charge introduite dans le cylindre par «back-flow», autrement dit, par retour dans la tubulure d'admission des gaz frais admis en excès. Cette technique trouve tout son intérêt sur les moteurs à rapport volumétrique variable car elle autorise la mise en œuvre du cycle d'Atkinson qui présente un rendement plus élevé à charges partielles que celui d'Otto ou Beau de Rochas.
- 20
- 25
- Sur moteur atmosphérique ou suralimenté à rapport volumétrique fixe, le «back-flow» obtenu par le contrôle du Retard Fermeture Admission permet de contrôler la course effective de compression, ce qui permet de prévoir un rapport volumétrique plus élevé offrant un meilleur rendement à charges partielles et autorise une meilleure maîtrise du cliquetis et du rendement à tous régimes.
- 30
- 35
- Sur moteur à taux variable, le contrôle de la levée permet de limiter la profondeur de l'embrèvement des soupapes dans le piston (empreintes ayant la forme des soupapes sur le piston) en autorisant une moindre levée des soupapes à charges partielles lorsque le rapport volumétrique est élevé.
- Diverses technologies existent qui permettent de contrôler tout ou partie de ces paramètres que sont l'avance ouverture, la durée d'ouverture et la levée des soupapes sur les moteurs à combustion interne à pistons : depuis de simples

déphasateurs d'arbre à cames qui sont industrialisés, jusqu'aux dispositifs électromécaniques ou électro-hydrauliques offrant un contrôle de l'ensemble des dits paramètres mais qui restent au stade expérimental car ils présentent des défauts importants de surcoût, de fiabilité, de contrôlabilité ou de 5 surconsommation énergétique.

Divers déphasateurs d'arbre à cames et dispositifs de contrôle de levée sont commercialisés en grande série mais ils sont chers et présentent des limites de contrôlabilité : les déphasateurs simples à plusieurs positions prédéfinies ou à 10 variation continue ne permettent pas de contrôler indépendamment l'avance ouverture et le retard fermeture des soupapes et donc, ne permettent pas le contrôle de la durée d'ouverture. En outre, ils ne permettent pas le contrôle de la levée.

15 Certains dispositifs comme celui connu sous l'appellation commerciale «VTec» de «Honda» ou le «Variocam Plus» de «Porsche» comportent deux profils de came différents qui permettent de choisir en fonction du régime du moteur entre deux lois différentes de levée des soupapes d'admission.

20 Le dispositif le plus élaboré qui soit commercialisé actuellement est vraisemblablement celui connu sous l'appellation commerciale «Valvetronic» développé par «BMW» qui autorise le contrôle de la levée des soupapes, et qui, couplé à des «Vanos» de déphasage des arbres à cames, permet de régler la presque totalité des paramètres à l'exception du retard. 25 fermeture qui reste lié à celui de l'avance ouverture ce qui interdit le contrôle du temps d'ouverture des soupapes.

Les actionneurs électromagnétiques par solénoïdes présentent actuellement le meilleur niveau de paramétrage, mais des défauts notables rendent difficile leur 30 industrialisation parmi lesquels la surconsommation énergétique, l'affolement des soupapes à hauts régimes, le manque de progressivité lors de la repose des soupapes sur leur siège, la surchauffe de leurs composants électriques, ou la nécessité de prévoir une tension électrique d'alimentation plus élevée que celle ordinairement produite sur le véhicule. En outre, leur prix de revient en 35 fabrication est élevé et leur fiabilité est difficile à assurer sur toute la durée de vie d'un véhicule.

Des dispositifs électro-hydrauliques ont été également développés tels que celui particulièrement destiné aux moteurs à faible régime de rotation construit par «Sturman» aux Etat-Unis en collaboration avec «Siemens».

5 Qu'il s'agisse des actionneurs électromagnétiques ou électro-hydrauliques, ces dispositifs présentent l'inconvénient de consommer beaucoup d'énergie ce qui réduit leur intérêt en termes d'amélioration de rendement du moteur.

10 Aucune technologie n'existe aujourd'hui qui soit à la fois simple, fiable, économique en énergie, facile à industrialiser, peu onéreuse et qui autorise le contrôle indépendant de l'avance ouverture, du retard fermeture et de la levée des soupapes des moteurs à combustion interne à pistons.

15 C'est pour répondre à l'indisponibilité d'une telle technologie pour l'industrie du moteur automobile que le dispositif selon l'invention autorise, selon un mode particulier de réalisation :

- Le contrôle indépendant de l'avance à l'ouverture des soupapes.
- Le contrôle indépendant du retard à la fermeture des soupapes.
- 20 • Le contrôle indépendant de la levée des soupapes.
- Un fonctionnement peu bruyant et peu dispendieux en énergie.

25 De ce fait, le dispositif selon l'invention permet la mise en œuvre de l'essentiel des stratégies d'amélioration de la puissance, du rendement et du contrôle des émissions par le contrôle de l'avance ouverture, durée d'ouverture et levée de soupapes. En outre, le dispositif selon l'invention présente un niveau de fiabilité et un coût de production compatibles avec les impératifs de l'industrie automobile.

30 Le dispositif selon l'invention se distingue des dispositifs d' entraînement de soupapes selon l'art antérieur en ce que :

- a) L'arbre à cames est supprimé, ainsi que les éventuels culbuteurs.
- 35 b) La culasse est simplifiée notamment grâce à la suppression de la ligne d'arbre à cames ordinairement matérialisée par des paliers et leur dispositif de lubrification, et grâce à la suppression des alésages de pousoirs de soupapes.

- c) Selon un mode particulier de réalisation, l'encombrement vertical du moteur peut être réduit grâce à la suppression de l'arbre à cames.
- 5 d) La masse alternative de l'ensemble constitué par les soupapes et leur dispositif d'entraînement est réduite notamment grâce à la suppression des poussoirs et/ou des culbuteurs, ce qui réduit l'effort nécessaire à l'accélération et à la décélération dudit ensemble lors de l'ouverture et de la fermeture des soupapes.
- 10 e) Les dispositifs de réglage du jeu entre cames et poussoirs tels que pastille de réglage, vis de réglage ou poussoir hydraulique sont supprimés.
- f) L'orientation des soupapes dans la culasse est facilitée.
- 15 Ainsi l'actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la présente invention comprend:
- ❖ au moins un vérin hydraulique raccordé à un circuit hydraulique haute pression par un conduit, et assurant l'ouverture d'au moins une soupape,
 - ❖ au moins une pompe hydraulique volumétrique comprenant au moins une sortie et au moins une entrée dont la vitesse de rotation est proportionnelle à celle du vilebrequin du moteur,
 - ❖ au moins un obturateur de sortie de pompe qui permet d'empêcher le fluide hydraulique expulsé à la sortie de la pompe hydraulique volumétrique de déboucher dans un circuit basse pression ou dans un réservoir, et de le contraindre à se diriger vers un circuit haute pression communiquant avec un ou plusieurs vérin(s) hydraulique(s) assurant l'ouverture d'une ou plusieurs soupape(s),
 - ❖ au moins un sélecteur d'ouverture de soupapes qui permet de diriger via le circuit haute pression le fluide hydraulique expulsé en sortie de la pompe hydraulique volumétrique vers le vérin hydraulique d'au moins une soupape devant être ouverte, tout en interdisant audit fluide hydraulique d'être dirigé vers une ou plusieurs autres soupape(s) devant rester fermée(s),
 - ❖ au moins un clapet anti-retour d'ouverture placé sur le circuit haute pression entre la sortie de pompe et le vérin hydraulique d'au moins une soupape qui permet de retenir le fluide hydraulique dans ledit vérin hydraulique de ladite soupape afin de la maintenir ouverte,

- ❖ au moins un sélecteur de fermeture de soupapes qui permet de diriger le fluide hydraulique contenu dans le vérin hydraulique d'au moins une soupape maintenue ouverte par le clapet anti-retour d'ouverture vers l'entrée ou les entrées de la pompe hydraulique volumétrique afin d'assurer la fermeture de la ou desdites soupape(s), et d'empêcher le fluide hydraulique contenu dans leur vérin hydraulique d'être introduit dans le vérin hydraulique d'une autre ou d'autres soupape(s) devant rester en position fermée,
 - ❖ et au moins un clapet anti-retour d'entrée de pompe qui permet au fluide hydraulique du circuit basse pression ou du réservoir d'être admis à l'entrée ou aux entrées de la pompe hydraulique volumétrique lorsque la pression dudit circuit basse pression ou dudit réservoir est supérieure à celle de ladite ou des dites entrée(s) de la pompe hydraulique volumétrique.
- 15 Les autres caractéristiques essentielles de la présente invention ont été décrites dans la description et dans les revendications secondaires dépendantes directement ou indirectement de la revendication principale.
- 20 L'actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la présente invention comprend :
- ❖ un vérin hydraulique sur la ou chacune des soupape(s) du moteur qui assure l'ouverture, le maintien en position ouverte, et la fermeture de la ou des dites soupape(s),
 - ❖ une pompe hydraulique volumétrique dont la vitesse de rotation est proportionnelle à celle du vilebrequin,
 - ❖ et un dispositif intégrant un ensemble de vannes et de clapets.
- Le dispositif intégrant un ensemble de vannes et de clapets a pour fonction :
- De diriger le fluide hydraulique refoulé en sortie de pompe hydraulique volumétrique vers le vérin hydraulique de la ou des soupape(s) au moment recherché en fonction de la position angulaire du vilebrequin pour assurer la levée de la ou des dite(s) soupape(s).
 - De diriger le fluide hydraulique refoulé en sortie de pompe hydraulique volumétrique vers le vérin hydraulique de la ou des soupape(s) durant le nombre de degrés de rotation de vilebrequin recherché pour assurer la levée de la ou des dite(s) soupape(s) à la hauteur recherchée.

- De maintenir le fluide hydraulique enfermé dans le vérin hydraulique de la ou des soupape(s) pour maintenir la ou lesdites(s) soupape(s) ouverte(s) durant le nombre de degrés de rotation de vilebrequin recherché.
 - De diriger le fluide hydraulique contenu dans le vérin de la ou des soupape(s) vers l'entrée de la pompe hydraulique volumétrique au moment recherché en fonction de la position angulaire du vilebrequin pour assurer la repose de la ou des dite(s) soupape(s) et récupérer une partie de l'énergie emmagasinée par le ressort de rappel de la ou des soupape(s) lors de l'ouverture de celle(s)-ci.
- 10 Selon un mode particulier de réalisation, le dispositif selon l'invention comporte :
- ❖ Un ou plusieurs moteur(s) électrique(s) asservi(s) à un ou plusieurs calculateur(s) et qui permettent de contrôler :
 - Le point d'ouverture de la ou des soupape(s) en fonction de la position angulaire du vilebrequin.
 - La hauteur de levée de la ou des soupape(s).
- 15 - Le point de fermeture de la ou des soupape(s) en fonction de la position angulaire du vilebrequin.
- 20 - Un dispositif de mesure de l'angle du vilebrequin qui, conjugué avec un dispositif de mesure de la levée de soupape, renseigne le ou les calculateur(s) sur le point d'ouverture, la hauteur de la levée et le point de fermeture effectifs de la ou des soupape(s) du moteur. L'ensemble desdits dispositifs de mesure et desdits calculateurs réalisant une boucle de contrôle assurant au mouvement de la ou des soupape(s) du moteur une précision suffisante.
- 25
- 30

35 La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, permettra de mieux comprendre l'invention, les caractéristiques qu'elle présente et les avantages qu'elle est susceptible de procurer :

Figure 1 illustre le schéma de principe de l'actionneur hydraulique suivant la présente invention selon une configuration à quatre soupapes (par exemple pour actionner les quatre soupapes d'admission d'un moteur à quatre cylindres).

5

Figure 2 est une représentation schématique d'un circuit dont le fonctionnement est identique au précédent, mais qui est destiné, par exemple, à actionner les huit soupapes d'admission d'un moteur quatre cylindres à deux soupapes d'admission par cylindre.

10

Figure 3 est une représentation schématique d'un circuit dont le fonctionnement est identique au précédent, mais qui opère à pression supérieure grâce à une pompe additionnelle, et ceci, afin de limiter les conséquences de la compressibilité du fluide hydraulique et de l'inertie des 15 soupapes sur la précision de fonctionnement du dispositif suivant la présente invention.

Figure 4 est une vue en perspective montrant l'actionneur hydraulique suivant la présente invention.

20

Figures 5 à 7 sont des vues illustrant en détail les soupapes d'un moteur pilotées par l'actionneur hydraulique suivant la présente invention.

25

Figure 8 est une vue en coupe montrant les entrées et les sorties de la pompe hydraulique de l'actionneur hydraulique suivant la présente invention.

Figures 9 et 10 sont des vues en coupe représentant le positionnement possible de l'actionneur hydraulique suivant la présente invention sur un moteur.

30

Figures 11 à 13 sont des vues illustrant les obturateurs de sortie de pompe de l'actionneur hydraulique suivant la présente invention.

35

Figure 14 est vue en coupe montrant le sélecteur d'ouverture de soupapes de l'actionneur hydraulique suivant la présente invention.

Figures 15 à 21 sont des vues représentant l'assemblage des différents éléments constituant l'actionneur hydraulique suivant la présente invention.

5 Figure 22 est une représentation schématique d'un circuit dont le fonctionnement est identique au précédent montré en figure 1 à 3, mais dont l'obturateur de sortie de pompe et le sélecteur d'ouverture de soupapes sont rassemblés en un seul distributeur combiné.

10 On a montré en figures 1 à 3 et 22, un actionneur hydraulique 1 comprenant au moins un vérin hydraulique 3 qui est raccordé à un circuit hydraulique haute pression 10 par un conduit afin d'assurer l'ouverture d'au moins une soupape 2 d'un moteur à pistons 12.

15 L'actionneur hydraulique 1 comporte au moins une pompe hydraulique volumétrique 4 comprenant au moins une sortie 6 et au moins une entrée 7 et dont la vitesse de rotation est proportionnelle à celle du vilebrequin 5 du moteur 12.

20 L'actionneur hydraulique 1 comporte au moins un obturateur de sortie de pompe 8 qui permet d'empêcher le fluide hydraulique expulsé à la sortie 6 de la pompe hydraulique volumétrique 4 de déboucher dans un circuit basse pression 9 ou dans un réservoir 58, et de le contraindre à se diriger vers un circuit haute pression 10 communiquant avec un ou plusieurs vérin(s) hydraulique(s) 3 assurant l'ouverture d'une ou plusieurs soupape(s) 2 du moteur 12.

25 L'actionneur hydraulique 1 comporte au moins un sélecteur d'ouverture de soupapes 11 qui permet de diriger, via le circuit haute pression 10 le fluide hydraulique expulsé en sortie 6 de la pompe hydraulique volumétrique 4, vers le vérin hydraulique 3 d'au moins une soupape 2 pour permettre son ouverture, tout en interdisant audit fluide hydraulique d'être dirigé vers une ou plusieurs autres soupape(s) 2 devant rester fermée(s).

30 L'actionneur hydraulique 1 comporte au moins un clapet anti-retour d'ouverture 24 placé sur le circuit haute pression 10 entre la sortie de pompe 6 et le vérin hydraulique 3 d'au moins une soupape 2 qui permet de retenir le fluide

hydraulique dans ledit vérin hydraulique 3 de ladite soupape 2 afin de la maintenir ouverte.

5 L'actionneur hydraulique 1 comporte au moins un sélecteur de fermeture de soupapes 25 qui permet de diriger le fluide hydraulique contenu dans le vérin hydraulique 3 d'au moins une soupape 2 maintenue ouverte par le clapet anti-retour d'ouverture 24 vers l'entrée ou les entrées 7 de la pompe hydraulique volumétrique 4 afin d'assurer la fermeture de la ou desdites soupape(s) 2, et 10 d'empêcher le fluide hydraulique contenu dans leur vérin hydraulique 3 d'être introduit dans le vérin hydraulique 3 d'une autre ou d'autres soupape(s) 2 devant rester en position fermée.

15 L'actionneur hydraulique 1 comporte au moins un clapet anti-retour d'entrée de pompe 26 qui permet au fluide hydraulique du circuit basse pression 9 ou du réservoir 58 d'être admis à l'entrée ou aux entrée(s) 7 de la pompe hydraulique volumétrique 4 lorsque la pression dudit circuit basse pression 9 ou dudit réservoir 58 est supérieure à celle de ladite ou des dites entrée(s) 7 de la pompe hydraulique volumétrique 4 (figure 8).

20 On note que l'une au moins des soupapes 2 est munie d'un dispositif de mesure émettant un signal électrique ou électromagnétique qui renseigne un calculateur sur la hauteur de levée de la soupape à un instant donné.

25 En ce qui concerne le circuit basse pression 9, ce dernier est raccordé au circuit de graissage sous pression 15 du moteur 12. Le circuit basse pression 9 peut être également prévu indépendant du circuit de graissage sous pression 15 du moteur 12.

30 Dans le cas où le circuit basse pression 9 est indépendant du circuit de graissage sous pression 15 du moteur 12, celui-ci peut être maintenu à une pression supérieure à la pression atmosphérique au moyen d'une pompe additionnelle 13. Le circuit basse pression 9 pouvant alors comporter un accumulateur de pression 14.

35 Selon un mode particulier de réalisation, l'obturateur de sortie de pompe 8 et le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 peuvent être rassemblés en un seul distributeur combiné 81 comportant au moins une entrée raccordée à la sortie 6

de la pompe hydraulique volumétrique 4, pouvant être mise en relation soit avec une sortie raccordée au circuit basse pression 9, soit avec une sortie raccordée à au moins un vérin hydraulique 3 (figure 22).

5 En figures 4 à 7, on a montré l'actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons dont le cylindre et la chambre 20 du vérin hydraulique 3 assurant l'ouverture de la ou des soupape(s) 2 sont aménagés dans un guide de soupape 16, ledit cylindre et ladite chambre 20 coopérant avec un piston de vérin constitué d'un épaulement 19 aménagé sur la queue de soupape 18 pour 10 ouvrir la soupape 2.

Le piston de vérin constitué d'un épaulement 19 aménagé sur la queue de soupape 18 participe au guidage de la soupape 2 dans le guide de soupape 16.

15 Le piston de vérin constitué de l'épaulement 19 sur la queue de soupape 18 comporte au moins un joint d'étanchéité 17.

20 Le guide de soupape 16 comporte au moins un drain 22 à proximité du conduit d'admission ou d'échappement 21 que comprend la culasse du moteur 12 pour limiter le passage du fluide hydraulique vers ledit conduit d'admission ou d'échappement 21 (figure 5).

25 Le vérin hydraulique 3 assurant l'ouverture de la ou des soupape(s) 2 comporte un dispositif d'amortissement de fin de course permettant de freiner la ou les soupape(s) 2 avant leur entrée en contact avec leur siège.

Ainsi, le vérin hydraulique 3 aménagé dans le guide de soupape 16 comporte 30 un dispositif d'amortissement de fin de course qui est constitué d'un petit épaulement 23, aménagé sur la queue de soupape 18.

35 L'épaulement 23 coopère avec une portion de cylindre de faible hauteur et de diamètre sensiblement supérieur audit épaulement 23 aménagée dans la partie supérieure du guide de soupape 16 pour cisailier le fluide hydraulique lorsque la soupape 2 arrive en fin de course de fermeture ce qui a pour effet de réduire la vitesse de ladite soupape 2.

Le vérin hydraulique 3 assurant l'ouverture d'au moins une soupape 2 comporte un dispositif de purge au niveau de sa chambre 20 qui est constitué d'un obturateur qui peut être ouvert au moyen d'une commande afin de permettre au fluide hydraulique contenu dans ladite chambre 20 de s'échapper 5 vers un circuit basse pression.

En figure 8, on a montré la pompe hydraulique volumétrique 4, cette dernière peut être une pompe à ailettes dont le stator présente un profil intérieur qui définit au moins une entrée et une sortie indépendantes.

10

Une première variante consiste en ce que la pompe hydraulique volumétrique 4 peut être une pompe à engrenages comportant au moins deux pignons et au moins une entrée et une sortie indépendantes.

15

Une seconde variante consiste en ce que la pompe hydraulique volumétrique 4 peut être une pompe à cylindrée variable qui permet de faire varier la vitesse de levée de la ou des soupape(s) 2 du moteur 12 à un régime donné dudit moteur.

20

En figures 11 à 13, on a illustré un exemple de réalisation de l'obturateur de sortie de pompe 8.

Un autre exemple consisterait en ce que l'obturateur de sortie de pompe 8 soit une électrovanne pilotée par un calculateur.

25

Dans l'exemple montré en figures 11 à 13, l'obturateur de sortie de pompe 8 est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter d'obturateurs 65 et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin 5 du moteur 12 et comportant un rotor d'obturateur 27 muni d'au moins une protubérance 28 venant obturer périodiquement un ou des orifice(s) de sortie de pompe 29 logés dans ledit carter d'obturateurs 65 lors de la rotation dudit rotor d'obturateur 27.

35

On note que l'étanchéité entre le ou les orifice(s) de sortie de pompe 29 et les protubérances 28 du rotor d'obturateur 27 est renforcée par un dispositif de maintien en contact 30 dudit ou des dits orifice(s) de sortie de pompe 29 avec

lesdites protubérances 28 lorsque celles-ci sont positionnées en face dudit ou des dits orifice(s) de sortie de pompe 29.

5 Le dispositif de maintien en contact 30 est constitué d'un piston d'obturateur 31 positionné radialement dans le carter d'obturateurs 65 et qui comprend un orifice de sortie de pompe 29 qui le traverse longitudinalement de part en part.

10 L'orifice de sortie de pompe 29 est relié à un conduit de sortie de pompe 32 par un orifice radial 33. Le piston d'obturateur 31 comporte une face d'appui cylindrique concave de rayon sensiblement identique à celui des protubérances 28 de façon à présenter une large surface de contact avec lesdites protubérances 28.

15 Le piston d'obturateur 31 présente du côté du carter d'obturateurs 65 une surface soumise à la pression du fluide hydraulique supérieure à la surface de contact qu'il présente avec les protubérances 28, de sorte qu'il est maintenu en contact avec lesdites protubérances lorsque la pression du fluide augmente dans le conduit de sortie de pompe 32 au passage des dites protubérances 28 (figure 13).

20 20 Lorsque aucune protubérance ne vient obturer l'orifice de sortie de pompe 29 du piston d'obturateur 31, ce dernier est maintenu en appui sur le carter d'obturateurs 65 par un ressort 56 (figure 12).

25 25 Le piston d'obturateur 31 comporte au moins un joint assurant l'étanchéité entre ledit piston d'obturateur et l'alésage dans lequel il est logé.

30 30 En figures 11 et 15 à 19, on a représenté le rotor d'obturateur 27 qui est muni d'un dispositif de déphasage angulaire par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12 de sorte que l'ouverture de la ou des soupape(s) 2 puisse être avancée ou retardée.

35 35 Dans une variante, non représentée, le dispositif de déphasage du rotor d'obturateur 27 est constitué d'au moins une cannelure hélicoïdale aménagée à l'intérieur dudit rotor coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale aménagée à l'extérieur de l'arbre d'entraînement dudit rotor d'obturateur.

Dans cette variante, le déphasage s'opère par translation du rotor d'obturateur 27 parallèlement à son axe de rotation au moyen d'une fourchette.

5 Selon cette variante, le rotor d'obturateur 27 comporte des protubérances qui sont de largeur suffisante pour obturer le ou les orifice(s) de sortie de pompe logé(s) dans le carter d'obturateurs 65 quelle que soit leur position longitudinale par rapport à ces derniers.

10 Dans notre exemple de réalisation selon les figures 11 et 15 à 19, les protubérances 28 sont prévues larges et de section variable sur la longueur du rotor d'obturateur 27, de sorte qu'elles présentent un temps d'obturation qui varie en fonction de la position longitudinale du rotor d'obturateur 27 par rapport au ou aux orifice(s) de sortie de pompe 29 ce qui permet d'augmenter ou de diminuer la course de levée de la ou des soupape(s) 2.

15 15 Le contrôle de la position longitudinale du rotor d'obturateur 27 par rapport au(x) dit(s) orifice(s) de sortie de pompe 29 s'opère au moyen d'une fourchette de levée de soupape 62 qui permet d'imprimer audit rotor d'obturateur 27 une translation parallèlement à son axe de rotation

20 20 On constate que le rotor d'obturateur 27 comprend au moins une cannelure droite intérieure 34 coopérant avec au moins une cannelure droite extérieure 76 prévue sur un fourreau d'ouverture 37 ou tout autre élément d'entraînement.

25 25 Le dispositif de déphasage angulaire du rotor d'obturateur 27 est constitué du fourreau d'ouverture 37 comprenant au moins une cannelure hélicoïdale intérieure 75 coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale extérieure 60 que comporte son arbre d'entraînement 59 ou tout autre moyen d'entraînement.

30 30 Le fourreau d'ouverture 37 comporte également au moins une cannelure droite extérieure 76 coopérant avec au moins une cannelure droite intérieure 34 prévue sur le rotor d'obturateur 27.

35 35 Le fourreau d'ouverture 37 peut être manœuvré en translation parallèlement à son axe de rotation par une fourchette d'avance ouverte de soupape 61 afin

d'avancer ou de retarder l'ouverture de la ou des soupape(s) 2 par déphasage angulaire du rotor d'obturateur 27 qu'il entraîne en rotation.

La levée de la ou des soupape(s) 2 est contrôlée indépendamment au moyen
5 de la fourchette de levée de soupape 62 qui agit sur la position longitudinale du rotor d'obturateur 27 par rapport au ou aux orifice(s) de sortie de pompe 29.

On constate dans une variante d'exécution, non représentée, que le rotor
10 d'obturateur 27 peut comprendre au moins une cannelure droite intérieure coopérant avec au moins une cannelure droite extérieure prévue sur son arbre d'entraînement ou tout autre élément d'entraînement.

En figures 14 à 19, on a illustré un exemple de sélecteur d'ouverture de
15 soupapes 11 qui peut être un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin 5 du moteur 12.

En variante, le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 peut être constitué d'une ou plusieurs électrovanne(s) pilotée(s) par un calculateur.
20

Selon l'exemple représenté en figures 14 à 19, le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter de sélecteurs 66, tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin 5 du moteur 12, et comportant un rotor de sélecteur d'ouverture 38 muni d'une
25 came 39 qui actionne un ou plusieurs distributeur(s) d'ouverture de soupape 40 disposé(s) radialement dans le carter de sélecteurs 66.

Le rotor de sélecteur d'ouverture 38 est muni d'un dispositif de déphasage angulaire d'ouverture par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12 de sorte que le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 puisse être synchronisé avec l'obturateur de sortie de pompe 8 et puisse sélectionner la ou les soupape(s) 2 au moment recherché.
30

Le rotor de sélecteur d'ouverture 38 comporte une came 39 qui est solidaire du fourreau d'ouverture 37, permettant au sélecteur d'ouverture de soupapes 11 de rester synchronisé avec l'ouverture de la ou des soupape(s) 2 qui dépend
35

du déphasage angulaire du rotor d'obturateur 27 par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12.

5 La fourchette d'avance ouverture de soupape 61 permet de déphaser simultanément et dans les mêmes proportions le rotor de sélecteur d'ouverture 38 et le rotor d'obturateur 27 par rapport au vilebrequin 5.

10 Le dispositif de déphasage angulaire du rotor de sélecteur d'ouverture 38 est constitué d'au moins une cannelure hélicoïdale 77 aménagée à l'intérieur dudit rotor de sélecteur d'ouverture 38 coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale 60 aménagée à l'extérieur de l'arbre d'entraînement 59 dudit rotor de sélecteur d'ouverture 38 ou de tout autre moyen d'entraînement.

15 Le déphasage s'opère au moyen d'une fourchette par translation dudit rotor de sélecteur d'ouverture 38 parallèlement à son axe de rotation.

20 La came 39 est prévue de largeur suffisante pour actionner les distributeurs d'ouverture de soupape 40 quelle que soit sa position longitudinale par rapport aux dits distributeurs.

25 Le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape 40 sont constitués d'une pièce cylindrique 78 munie d'une ou plusieurs gorge(s) 41 et prenant place dans un alésage aménagé dans le carter de sélecteurs 66.

30 Les gorge(s) 41 sont amenées par translation axiale de la pièce cylindrique 78 imprimée par la came 39 au niveau de conduits 42 aménagés dans le carter de sélecteurs 66 afin de permettre la circulation du fluide hydraulique dans lesdits conduits.

35 Lorsque la came 39 ne les actionne pas, les pièces cylindriques 78 sont maintenues à la distance recherchée du rotor de sélecteur d'ouverture 38 par l'action conjuguée d'un épaulement 44 aménagé sur lesdites pièces cylindriques 78 et prenant appui sur le carter de sélecteurs 66, et d'un ressort 43 maintenu comprimé par un bouchon 45 vissé dans ledit carter.

Le bouchon 45 vissé dans le carter de sélecteurs 66 définit une chambre 46 qui contient le ressort 43 et qui est reliée au circuit basse pression 9 ou au réservoir 58 par un conduit non représenté.

- 5 En figures 15 à 21, on a montré un exemple de réalisation d'un sélecteur de fermeture de soupapes 25 qui est constitué d'un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter de sélecteur 66 et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin 5 du moteur 12.
- 10 En variante, le sélecteur de fermeture de soupapes 25 peut être constitué d'une ou plusieurs électrovanne(s) pilotée(s) par un calculateur.

Le sélecteur de fermeture de soupapes 25 comporte un rotor de sélecteur de fermeture 47 muni d'une came 48 qui actionne un ou plusieurs distributeur(s) 15 de fermeture de soupape 49 disposé(s) radialement dans le carter de sélecteurs 66.

Le rotor de sélecteur de fermeture 47 est muni d'un dispositif de déphasage angulaire par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12 de sorte que la fermeture 20 de la ou des soupape(s) 2 puisse être avancée ou retardée.

Le dispositif de déphasage du rotor de sélecteur de fermeture 47 est constitué d'au moins une cannelure hélicoïdale 79 aménagée à l'intérieur du rotor de sélecteur de fermeture 47 coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale 25 60 aménagée à l'extérieur de l'arbre d'entraînement 59 ou de tout autre moyen d'entraînement dudit rotor de sélecteur de fermeture 47.

Le déphasage s'opère par translation du rotor de sélecteur de fermeture 47 parallèlement à son axe de rotation au moyen d'une fourchette de retard 30 fermeture de soupape 63.

La came 48 est de largeur suffisante pour actionner les distributeurs de fermeture de soupape 49 quelle que soit sa position longitudinale par rapport à ces derniers.

Le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape 49 sont constitués d'une pièce cylindrique 80 munie d'une ou plusieurs gorge(s) 50 et prenant place dans un alésage aménagé dans le carter de sélecteurs 66.

- 5 Les gorge(s) 50 sont amenées par translation axiale de la pièce cylindrique 80 imprimée par la came 38 au niveau de conduits aménagés dans le carter de sélecteurs 66 afin de permettre la circulation du fluide hydraulique dans lesdits conduits.
- 10 Lorsque la came 48 ne les actionne pas, les pièces cylindriques 80 sont maintenues à la distance recherchée du rotor de sélecteur de fermeture 47 par l'action conjuguée d'un épaulement 51 aménagé sur lesdites pièces cylindriques 80 et prenant appui sur le carter de sélecteurs 66, et d'un ressort 52 maintenu comprimé par un bouchon 53 vissé dans ledit carter.
- 15 Le bouchon 53 vissé dans le carter de sélecteurs 66 définit une chambre 73 qui contient le ressort 52 et qui est reliée au circuit basse pression 9 ou au réservoir 58 par un conduit non représenté.
- 20 Le circuit haute pression 10 comporte au moins un clapet anti-retour de fermeture 54 en amont ou en aval du sélecteur de fermeture de soupape 25 afin d'empêcher que le fluide hydraulique contenu dans le vérin hydraulique 3 d'une ou plusieurs soupape(s) 2 en phase de fermeture ne puisse être introduit dans le vérin hydraulique 3 d'une autre ou d'autres soupape(s) 2 devant rester fermée(s).
- 25

Le clapet anti-retour de fermeture 54, positionné en amont ou en aval du sélecteur de fermeture de soupape 25, est constitué d'une bille maintenue sur son siège par un ressort.

- 30 On note également que le clapet anti-retour d'entrée de pompe 26 est constitué d'une bille maintenue sur son siège par un ressort.
- 35 En figures 20 et 21, on a illustré un carter commun constitué d'une ou plusieurs pièces dans lequel sont contenus ensemble ou par groupe les composants que sont la pompe hydraulique volumétrique 4, l'obturateur de sortie de pompe 8, le sélecteur d'ouverture de soupapes 11, le ou les clapet(s) anti-retour

d'ouverture 24, le sélecteur de fermeture de soupapes 25 et le ou les clapet(s) anti-retour de fermeture 54.

- 5 La pompe hydraulique volumétrique 4, le rotor d'obturateur 27, le rotor de sélecteur 38, et le rotor de sélecteur de fermeture 47, ou une combinaison quelconque de ces quatre dispositifs sont entraînés en rotation par un arbre commun 59 lui-même entraîné en rotation par le vilebrequin 5 du moteur 12 au moyen d'un dispositif de transmission (figures 15 à 19).
- 10 Le dispositif de transmission entraînant l'arbre commun 59 est constitué d'une poulie 74 entraînée en rotation par le vilebrequin 5 du moteur 12 au moyen d'une courroie crantée ou d'une chaîne, ou d'un système d'engrenages constitué d'au moins un pignon.
- 15 L'arbre commun 59 est muni d'au moins une cannelure hélicoïdale 60 qui entraîne en rotation le rotor d'obturateur 27, le rotor de sélecteur d'ouverture 38, le fourreau d'ouverture 37 et le rotor de sélecteur de fermeture 47 ou une combinaison quelconque de ces trois dispositifs et coopère avec les cannelures hélicoïdales intérieures de certains de ces dispositifs pour en permettre le déphasage angulaire par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12.
- 20

Le carter commun est constitué de quatre carters principaux qui contiennent l'arbre commun 59 et qui sont assemblés bout à bout avec respectivement :

- 25
 - ❖ un carter de pompe 64 comprenant la pompe hydraulique volumétrique 4 et le ou les clapet(s) anti-retour d'entrée de pompe 26,
 - ❖ un carter d'obturateurs 65 contenant le rotor d'obturateur 27 et le ou les orifice(s) de sortie de pompe 29,
 - ❖ un carter de sélecteurs 66 contenant la fourchette de levée de soupape 62, le rotor de sélecteur d'ouverture 38, le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape 40, la fourchette d'avance ouverture de soupape 61, le rotor de sélecteur de fermeture 47, le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape 49, la fourchette de retard fermeture de soupape 63, le ou les clapet(s) anti-retour d'ouverture 24, et pouvant comporter le ou les clapet(s) anti-retour de fermeture 54,
- 30
 - 35 ❖ et un carter de collecteur de fermeture 67.

Le carter d'obturateurs 65 est traversé de conduits reliant la ou les sortie(s) 6 de la pompe hydraulique volumétrique 4 avec le ou les obturateur(s) de sortie de pompe 8 d'une part et avec un collecteur d'ouverture 68 constitué d'un réseau de conduits aménagé au plan de joint entre le carter d'obturateurs 65 et le carter de sélecteurs 66 d'autre part.

Le carter d'obturateurs 65 est traversé de conduits reliant la ou les entrée(s) 7 de la pompe hydraulique volumétrique 4 avec un collecteur de fermeture 69 constitué d'un réseau de conduits aménagé au plan de joint entre le carter de sélecteurs 66 et le carter de collecteur de fermeture 67.

Le carter de sélecteurs 66 est traversé longitudinalement par des conduits 42 qui relient le collecteur d'ouverture 68 et le collecteur de fermeture 69 et qui peuvent être obturés ou ouverts par le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape 40 et par le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape 49.

Les conduits 42 comportent des conduits de départ de soupape 70 situés entre le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape 40 et le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape 49 qui sont connectés au vérin hydraulique 3 de la ou des soupapes 2.

Le carter de sélecteurs 66 est également traversé longitudinalement par un ou plusieurs conduits qui relient le collecteur de fermeture 69 avec la ou les entrée(s) 7 de la pompe hydraulique volumétrique 4.

Le collecteur d'ouverture 68 permet de relier entre eux les conduits traversant longitudinalement le carter de sélecteurs 66 devant être reliés à une même sortie de pompe 6.

La sortie de pompe 6 est connectée au collecteur d'ouverture 68 par un conduit qui traverse le carter d'obturateurs 65.

Le collecteur de fermeture 69 permet de relier entre eux les conduits traversant longitudinalement le carter de sélecteurs 66 devant être reliés à une même entrée de pompe 7.

L'entrée de pompe 7 est connectée au collecteur de fermeture 69 par les conduits qui traversent respectivement le carter de sélecteurs 66 et le carter d'obturateurs 65.

- 5 Des vis d'assemblage 71 traversent de part en part les différents carters 64, 65, 66 et 67 afin de les maintenir assemblés, l'une ou plusieurs des dites vis d'assemblage 71 pouvant servir de glissière aux fourchettes 61, 62 et 63 qui permettent de commander l'ouverture, la levée et la fermeture des soupapes 2.
- 10 La fourchette d'avance ouverture de souape 61, la fourchette de levée de souape 62 et la fourchette de retard fermeture de souape 63 sont manœuvrées en translation par des moteurs électriques pilotés par un calculateur qui sont reliés aux dites fourchettes 61, 62 et 63 par des moyens de transmission.
- 15 Le ou les orifice(s) de sortie de pompe 29 que viennent obturer les protubérances 28 du rotor d'obturateur 27 débouchent à l'intérieur du carter commun qui comprend notamment l'arbre commun 59, ledit carter commun constituant une chambre fermée raccordée :
 - 20 ❖ au carter d'huile de graissage du moteur 72 au moyen d'un conduit,
 - ❖ ou au circuit de graissage sous pression 15 du moteur 12,
 - ❖ ou à un carter de fluide hydraulique indépendant du carter d'huile de graissage du moteur 72,
 - ❖ ou maintenu sous pression par la pompe additionnelle 13.
- 25 On note que selon un mode particulier de réalisation un même conduit raccordé au circuit hydraulique haute pression 10 peut alimenter simultanément plusieurs vérins hydrauliques 3 au travers d'un diviseur de débit qui assure une levée sensiblement identique aux soupapes 2 actionnées par lesdits vérins hydrauliques 3.
- 30 On comprend de la description qui précède le fonctionnement du dispositif selon la présente invention.
- 35 La figure 1, illustre le schéma de principe du dispositif selon une configuration à quatre soupapes (par exemple pour actionner les quatre soupapes d'admission ou d'échappement d'un moteur à quatre cylindres).

On y voit que lorsque aucune soupape ne doit être ouverte par l'un ou l'autre des vérins hydrauliques 3, la pompe hydraulique volumétrique 4 débite du fluide hydraulique en provenance du circuit basse pression 9 - ici le circuit de graissage du moteur - via le clapet anti-retour d'entrée de pompe 26 et vers le carter de lubrifiant du moteur 58 via l'obturateur de sortie de pompe 8 alors ouvert.

Lorsqu'une soupape doit être ouverte, le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 10 met le vérin hydraulique 3 de ladite soupape en relation avec le circuit haute pression 10 en provenance de la sortie de la pompe hydraulique volumétrique 4.

L'obturateur de sortie de pompe 8 ferme alors le conduit de sortie de pompe 32 15 ce qui élève la pression dans le circuit haute pression 10 de sorte que le vérin hydraulique 3 ouvre la soupape sélectionnée.

Lorsque la soupape est suffisamment levée, l'obturateur de sortie de pompe 8 20 réouvre le conduit de sortie de pompe 32 ce qui stoppe la levée de la soupape car la pression du circuit haute pression 10 en amont du clapet anti-retour d'ouverture 24 devient inférieure à celle régnant dans la chambre du vérin hydraulique 3 du fait de l'action du ressort de rappel de la soupape.

Grâce à l'action du clapet anti-retour d'ouverture 24, ladite soupape reste 25 ouverte.

La fermeture de la soupape est commandée par le sélecteur de fermeture de soupapes 25 qui, au moment choisi, met le vérin hydraulique 3 de ladite soupape en relation avec l'entrée de la pompe hydraulique volumétrique 4 via 30 le circuit haute pression 10.

La rapide montée en pression dudit circuit haute pression 10 ayant pour conséquence de fermer l'arrivée du fluide hydraulique en provenance du circuit de graissage du moteur par l'action du clapet anti-retour d'entrée de pompe 26 35 et de forcer le fluide hydraulique à l'entrée de ladite pompe hydraulique volumétrique 4 ce qui permet de récupérer en majeure partie le travail

mécanique absorbé par la compression du ressort de la soupape, et de maîtriser la vitesse de fermeture de ladite soupape.

5 Lorsque la soupape est reposée sur son siège, la pompe hydraulique volumétrique 4 débite à nouveau du fluide hydraulique en provenance du circuit basse pression 9 vers le carter de lubrifiant du moteur 58 via le clapet anti-retour d'entrée de pompe 26.

10 On peut remarquer que l'ouverture et la fermeture simultanée de deux soupapes différentes sont possible, auquel cas, l'entrée de la pompe hydraulique volumétrique 4 est alimentée par le vérin hydraulique 3 d'une soupape en manœuvre de fermeture, tandis que le fluide hydraulique sortant de ladite pompe hydraulique volumétrique 4 est forcé par l'obturateur de sortie de pompe 8 à alimenter le vérin hydraulique 3 d'une autre soupape en 15 manœuvre d'ouverture.

20 La figure 2 est une représentation schématique d'un circuit dont le fonctionnement est identique au précédent, mais qui est destiné à actionner les 8 soupapes d'admission ou d'échappement d'un moteur quatre cylindres à deux soupapes d'admission ou d'échappement par cylindre.

25 Selon cette configuration, une pompe à ailettes à un seul rotor mais dotée d'une came intérieure définissant deux entrées et deux sorties isolées peut être utilisée comme illustré figure 8.

30 L'obturateur de sortie de pompe 8, le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 et le sélecteur de fermeture de soupapes 25 peuvent être réalisés au moyen d'électrovannes, mais la fragilité, le manque de robustesse et le manque de régularité de fonctionnement desdites électrovannes dans le contexte d'un moteur thermique rendent difficile de telles réalisations.

35 Pour cette raison, lesdites électrovannes sont avantageusement remplacées par le dispositif mécanique montré sur les figures 15 à 21 qui apporte la fiabilité et la constance de fonctionnement recherchée dans la motorisation automobile. Le dispositif représenté sur ces figures est particulièrement destiné à actionner les huit soupapes d'admission ou d'échappement d'un moteur quatre cylindres à deux soupapes d'admission ou deux soupapes d'échappement par cylindre.

Les variantes d'un tel dispositif pour d'autres configurations de moteur apparaîtront aisément à l'homme de l'art.

- 5 L'arbre commun 59 est entraîné en rotation par le moteur 12 au moyen de la poulie 74 tournant à la même vitesse qu'un arbre à cames conventionnel, soit à la moitié de la vitesse du vilebrequin 5 du moteur 12, ici, dans le sens des aiguilles d'une montre lorsque l'appareil est vu coté poulie 74.
- 10 De ce fait, et selon un mode particulier de réalisation, l'ensemble du dispositif peut être placé en lieu et place de l'arbre à cames qu'il remplace (par exemple, l'arbre à cames d'admission) et peut être entraîné, comme montré sur la figure 9, par la courroie de distribution du moteur avec un autre arbre à cames (par exemple, l'arbre à cames d'échappement), ou encore être entraîné par ladite courroie comme montré sur la figure 10 avec un autre dispositif identique.
- 15

La pompe hydraulique volumétrique 4 est de type à ailettes avec une came intérieure définissant deux entrées de pompe 7 et deux sorties de pompe 6 non communicantes entre elles, les clapets anti-retour d'entrée de pompe 26 sont connectés au circuit basse pression 9 en l'occurrence, le circuit de graissage sous pression du moteur 12, et sont constitués de billes maintenues en appui sur leur siège par un ressort.

20 Lorsque aucune soupape ne doit être ouverte, la pompe hydraulique volumétrique 4 expulse le fluide hydraulique via le conduit de sortie de pompe 32 dans la cavité interne du carter d'obturateurs 65, ladite cavité étant reliée par un conduit non représenté au carter d'huile de graissage du moteur 72.

25 Comme on peut le voir sur les figures, l'arbre commun 59 est muni de cannelures hélicoïdales 60, ces cannelures entraînant en rotation le rotor d'obturateur 27, le rotor de sélecteur d'ouverture 38 et le rotor de sélecteur de fermeture 47.

30 Ici, le rotor d'obturateur 27 et le rotor de sélecteur d'ouverture 38 restent phasés l'un par rapport à l'autre car ils sont solidaires en rotation du même fourreau 37 ce qui garantit une durée constante entre la sélection d'une soupape 2 et le début d'obturation de la sortie de pompe 6.

On peut constater que le fonctionnement des obturateurs de pompe 8, du sélecteur d'ouverture de soupapes 11, et du sélecteur de fermeture de soupapes 25 est forcément synchronisé du fait qu'ils sont tous entraînés par l'arbre commun 59.

Les obturateurs de sortie de pompe 8 sont ici au nombre de deux placés de façon diamétralement opposée dans le carter, et obtiennent chacun l'une des deux sorties de pompe 6 de la pompe hydraulique volumétrique 4, chaque sortie de pompe 8 étant affectée exclusivement à l'ouverture soit des soupapes 2 paires soit des soupapes 2 impaires des cylindres du moteur 12.

Les soupapes 2 paires et impaires d'un même cylindre ayant la même cinématique au même instant sont donc couplées dans leur fonctionnement.

De la même façon, les deux entrées de pompe 7 sont affectées exclusivement à la fermeture soit des soupapes 2 paires soit des soupapes 2 impaires des cylindres du moteur 12.

Le rotor d'obturateur 27 comprend quatre protubérances 28 de profil variable placées tous les quatre-vingt-dix degrés.

Puisque les orifices de sortie de pompe 29 sont installés de manière fixe dans le carter d'obturateurs 65, une translation du rotor d'obturateur 27 sur le fourreau d'ouverture 37 modifie la longueur active des protubérances 28 faisant face aux orifices de sortie de pompe 29 et de ce fait permet d'augmenter ou de diminuer le nombre de degrés de vilebrequin 5 durant lesquels va s'opérer l'ouverture des soupapes 2.

Comme les soupapes 2 s'ouvrent à vitesse constante à un régime du moteur 12 donné, plus elles seront actionnées longtemps en ouverture, plus leur hauteur de levée sera importante.

Pour cette raison, la fourchette de levée de soupape 62 permet de contrôler la hauteur de levée des soupapes 2, ladite fourchette étant manœuvrée par un moteur électrique non représenté piloté par un calculateur non représenté.

Le point de début d'ouverture des soupapes 2 peut être contrôlé indépendamment de la levée des soupapes 2 en déplaçant en translation longitudinale le fourreau d'ouverture 37 par rapport à l'arbre commun 59 au moyen de la fourchette d'avance ouverte de soupape 61.

5

Cette action permet de déphasier angulairement le rotor d'obturateur 27 par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12, les cannelures hélicoïdales intérieures 75 du fourreau d'ouverture 37 coopérant avec les cannelures hélicoïdales 60 extérieures le l'arbre commun 59 ceci ayant pour conséquence que les protubérances 28 du rotor d'obturateur 27 obturent plus ou moins tôt les orifices de sortie de pompe 29 sans modifier leur longueur active qui reste sous le contrôle de la fourchette de levée de soupape 62.

La fourchette d'avance ouverte de soupape 61 est manœuvrée par un moteur électrique non représenté piloté par un calculateur non représenté.

Le sélecteur d'ouverture de soupapes 11 et le sélecteur de fermeture de soupapes 25 relèvent tous les deux du même principe de fonctionnement.

20

On notera que la came 39 du sélecteur d'ouverture actionne en ouverture un distributeur d'ouverture de soupape 40 tous les quatre-vingt-dix degrés de rotation de l'arbre commun 59, soit tous les cent-quatre-vingt degrés de rotation du vilebrequin 5, conformément aux nécessités d'un moteur à quatre cylindres fonctionnant selon le cycle quatre temps d'Otto ou Beau de Rochas.

25

Chaque distributeur d'ouverture de soupape 40 permet d'ouvrir ou de fermer simultanément les conduits 42 d'amenée du fluide hydraulique aux vérins hydrauliques 3 d'une soupape 2 paire et d'une soupape 2 impaire d'un même cylindre.

30

Ce résultat est obtenu grâce aux gorges 41 aménagées sur la pièce cylindrique 78 du distributeur d'ouverture de soupape 40 qui sont soit en regard desdits conduits 42 lorsque la came 39 actionne le distributeur d'ouverture de soupape 40, soit obturent les dits conduits 42 lorsque la came 39 ne les actionne pas.

35

La pièce cylindrique 78 est ramenée à la distance recherchée par rapport à la came 39 par son épaulement 44 maintenu au contact du carter de sélecteurs 66 par le ressort 43.

- 5 Le point de début de fermeture des soupapes 2 est contrôlé en déplaçant en translation longitudinale le rotor de sélecteur de fermeture 47 par rapport à l'arbre commun 59 au moyen de la fourchette de retard de fermeture de soupape 63.
- 10 Cette action permet de déphaser angulairement le rotor de sélecteur de fermeture 47 par rapport au vilebrequin 5 du moteur 12, les cannelures hélicoïdales intérieures 79 dudit rotor de sélecteur de fermeture 47 coopérant avec les cannelures hélicoïdales 60 extérieures de l'arbre commun 59, ceci ayant pour conséquence que les distributeurs de fermeture de soupapes 49 sont actionnés plus ou moins tôt afin de fermer les soupapes 2 plus ou moins tôt.
- 15

On note que le carter commun peut comprendre un socle dans lequel est logé au moins un vérin hydraulique 3, ledit socle étant fixé sur la culasse du moteur 12 afin que chaque vérin hydraulique 3 soit en contact avec l'extrémité supérieure de la queue de la soupape 2 correspondante dudit moteur 12 et puisse actionner ladite soupape.

Il doit d'ailleurs être entendu que la description qui précède n'a été donnée qu'à titre d'exemple et quelle ne limite nullement le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les détails d'exécution décrits par tout autre équivalent.

REVENDICATIONS

- 5 1. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons, caractérisé en
ce qu'il comprend :
- ❖ au moins un vérin hydraulique (3) raccordé à un circuit hydraulique haute
pression (10) par un conduit, et assurant l'ouverture d'au moins une
soupape (2),
 - 10 ❖ au moins une pompe hydraulique volumétrique (4) comprenant au moins
une sortie et au moins une entrée et tournant à une vitesse proportionnelle
à celle du vilebrequin du moteur,
 - 15 ❖ au moins un obturateur de sortie de pompe (8) qui permet d'empêcher le
fluide hydraulique expulsé à la sortie de la pompe hydraulique volumétrique
(4) de déboucher dans un circuit basse pression (9) ou dans un réservoir
(58), et de le forcer dans un circuit haute pression (10) communiquant avec
un ou plusieurs vérin(s) hydraulique(s) (3) assurant l'ouverture d'une ou
plusieurs soupape(s) (2),
 - 20 ❖ au moins un sélecteur d'ouverture de soupapes (11) qui permet de diriger
via le circuit haute pression (10) le fluide hydraulique expulsé en sortie de la
pompe hydraulique volumétrique (4) vers le vérin hydraulique (3) d'au moins
une soupape (2) devant être ouverte, tout en interdisant audit fluide
hydraulique d'être dirigé vers une ou plusieurs autres soupape(s) (2) devant
rester fermée(s),
 - 25 ❖ au moins un clapet anti-retour d'ouverture (24) placé sur le circuit haute
pression (10) entre la ou les sortie(s) de la pompe hydraulique volumétrique
(4) et le vérin hydraulique (3) d'au moins une soupape (2) qui permet de
retenir le fluide hydraulique dans ledit vérin hydraulique (3) de ladite
soupape (2) afin de la maintenir ouverte,
 - 30 ❖ au moins un sélecteur de fermeture de soupapes (25) qui permet de diriger
le fluide hydraulique contenu dans le vérin hydraulique (3) d'au moins une
soupape (2) maintenue ouverte par le clapet anti-retour d'ouverture (24)
vers l'entrée ou les entrées de la pompe hydraulique volumétrique (4) afin
d'assurer la fermeture de la ou desdites soupape(s) (2), et d'empêcher le
35 fluide hydraulique contenu dans leur vérin hydraulique (3) d'être introduit
dans le vérin hydraulique (3) d'une autre ou d'autres soupape(s) (2) devant
rester en position fermée,

- ❖ et au moins un clapet anti-retour d'entrée de pompe (26) disposé à ou aux entrée(s) de la pompe hydraulique volumétrique (4) qui permet au fluide hydraulique du circuit basse pression (9) ou du réservoir (58) d'être admis à l'entrée ou aux entrée(s) de la pompe hydraulique volumétrique (4), lorsque la pression dudit circuit basse pression (9) ou dudit réservoir (58) est supérieure à celle de ladite ou des dites entrée(s) de la pompe hydraulique volumétrique (4).
- 5 2. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le cylindre et la chambre (20) du vérin hydraulique (3) assurant l'ouverture de la ou des soupape(s) (2) sont aménagés dans un guide de soupape (16), ledit cylindre et ladite chambre (20) coopérant avec un piston de vérin constitué d'un épaulement (19) aménagé sur la queue de soupape (18) pour ouvrir la soupape (2).
- 10 15 3. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 2, **caractérisé en ce que** le piston de vérin constitué d'un épaulement (19) aménagé sur la queue de soupape (18) participe au guidage de la soupape (2) dans le guide de soupape (16).
- 20 25 4. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 2, **caractérisé en ce que** le piston de vérin constitué d'un épaulement (19) sur la queue de soupape (18) comporte au moins un joint d'étanchéité (17).
- 30 5. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 2, **caractérisé en ce que** le guide de soupape (16) comporte au moins un drain (22) à proximité du conduit d'admission ou d'échappement (21) que comporte la culasse du moteur (12) pour limiter le passage du fluide hydraulique vers ledit conduit d'admission ou d'échappement (21).
- 35 6. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le vérin hydraulique (3) assurant l'ouverture de la ou des soupape(s) (2) comporte un dispositif d'amortissement de fin de course permettant de freiner la ou les soupape(s) (2) avant que lesdites soupapes entre en contact avec leur siège.

7. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 6, **caractérisé en ce que** le vérin hydraulique (3) aménagé dans le guide de soupape (16) comporte un dispositif d'amortissement de fin de course constitué d'un petit épaulement (23) aménagé sur la queue de soupape (18) qui coopère avec une portion de cylindre de faible hauteur et de diamètre sensiblement supérieur audit petit épaulement (23) aménagée dans la partie supérieure du guide de soupape (16) pour cisailler le fluide hydraulique lorsque la soupape (2) arrive en fin de course de fermeture ce qui a pour effet de réduire la vitesse de ladite soupape (2).
- 10 8. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le vérin hydraulique (3) assurant l'ouverture d'au moins une soupape (2) comporte un dispositif de purge au niveau de sa chambre (20) constitué d'un obturateur qui peut être ouvert au moyen d'une commande afin de permettre au fluide hydraulique contenu dans ladite chambre (20) de s'échapper vers un circuit basse pression.
- 15 9. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce qu'au moins une soupape (2) est munie** 20 d'un dispositif de mesure émettant un signal électrique ou électromagnétique qui renseigne un calculateur sur la hauteur de levée de la soupape à un instant donné.
- 25 10. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit basse pression (9) est raccordé au circuit de graissage sous pression (15) du moteur (12).
- 30 11. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit basse pression (9) est indépendant du circuit de graissage sous pression (15) du moteur (12).
- 35 12. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit basse pression (9) est indépendant du circuit de graissage sous pression (15) du moteur (12) et est maintenu à une pression supérieure à la pression atmosphérique au moyen d'une pompe additionnelle (13).

13. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 12, **caractérisé en ce que** le circuit basse pression (9) comporte un accumulateur de pression (14).
- 5 14. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pompe hydraulique volumétrique (4) est une pompe à ailettes dont le stator présente un profil intérieur qui définit au moins une entrée et une sortie indépendantes.
- 10 15. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pompe hydraulique volumétrique (4) est une pompe à engrenages comportant au moins deux pignons et au moins une entrée et une sortie indépendantes.
- 15 16. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pompe hydraulique volumétrique (4) est une pompe à cylindrée variable qui permet de faire varier la vitesse de levée de la ou des soupape(s) (2) du moteur (12) à un régime donné dudit moteur.
- 20 17. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'obturateur de sortie de pompe (8) est une électrovanne pilotée par un calculateur.
- 25 18. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'obturateur de sortie de pompe (8) est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter d'obturateurs (65) et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin (5) du moteur (12) et comportant un rotor d'obturateur (27) muni d'au moins une protubérance (28) venant obturer périodiquement un ou des orifice(s) de sortie de pompe (29) logés dans ledit carter d'obturateurs (65) lors de la rotation dudit rotor d'obturateur (27).
- 30 19. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 18, **caractérisé en ce que** l'étanchéité entre le ou les orifice(s) de sortie de pompe (29) et les protubérances (28) du rotor d'obturateur (27) est renforcée par un dispositif de maintien en contact (30) dudit ou des dits

- orifice(s) de sortie de pompe (29) avec lesdites protubérances (28) lorsque celles-ci sont positionnées en face dudit ou des dits orifice(s) de sortie de pompe (29).
- 5 20. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 18 et 19, **caractérisé en ce que** le dispositif de maintient en contact (30) est constitué d'un piston d'obturateur (31) positionné radialement dans le carter d'obturateurs (65) qui comprend un orifice de sortie de pompe (29) qui le traverse longitudinalement de part en part, ledit orifice de sortie de pompe (29) étant relié à un conduit de sortie de pompe (32) par un orifice radial (33), ledit piston d'obturateur (31) comporte une face d'appui cylindrique concave de rayon sensiblement identique à celui des protubérances (28) de façon à présenter une large surface de contact avec lesdites protubérances (28), le piston d'obturateur (31) présente du coté du carter d'obturateurs (65) une surface soumise à la pression du fluide hydraulique supérieure à la surface de contact qu'il présente avec les protubérances (28), de sorte qu'il est maintenu en contact avec lesdites protubérances lorsque la pression du fluide augmente dans le conduit de sortie de pompe (32) au passage des dites protubérances (28), lorsque aucune protubérance ne vient obturer l'orifice de sortie de pompe (29) du piston d'obturateur (31), ce dernier est maintenu en appui sur le carter d'obturateurs (65) par un ressort (56).
- 10 21. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 20, **caractérisé en ce que** le piston d'obturateur (31) comporte au moins un joint assurant l'étanchéité entre ledit piston d'obturateur (31) et l'alésage dans lequel il est logé.
- 15 22. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 18, **caractérisé en ce que** le rotor d'obturateur (27) est muni d'un dispositif de déphasage angulaire par rapport au vilebrequin (5) du moteur (12) de sorte que l'ouverture de la ou des soupape(s) (2) puisse être avancée ou retardée.
- 20 23. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 22, **caractérisé en ce que** le dispositif de déphasage angulaire du rotor d'obturateur (27) est constitué d'au moins une cannelure hélicoïdale

aménagée à l'intérieur dudit rotor d'obturateur (27) coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale aménagée à l'extérieur de l'arbre d'entraînement dudit rotor d'obturateur (27), le déphasage s'opérant par translation dudit rotor d'obturateur (27) parallèlement à son axe de rotation au moyen d'une fourchette, et les protubérances étant de largeur suffisante pour obturer le ou les orifice(s) de sortie de pompe (29) logés dans ledit carter d'obturateurs (65) quelle que soit leur position par rapport à ces derniers

- 10 24. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 18, **caractérisé en ce que** les protubérances (28) du rotor d'obturateur (27) sont larges et de section variable sur la longueur du rotor d'obturateur (27) de sorte qu'elles présentent un temps d'obturation qui varie en fonction de la position longitudinale du rotor d'obturateur (27) par rapport au ou aux orifice(s) de sortie de pompe (29) ce qui permet d'augmenter ou de diminuer la course de levée de la ou des soupape(s) (2), le contrôle de la position longitudinale du rotor d'obturateur (27) par rapport au(x) dit(s) orifice(s) de sortie de pompe (29) s'opère au moyen d'une fourchette de levée de soupape (62) qui permet d'imprimer audit rotor d'obturateur (27) une translation parallèlement à son axe de rotation, ledit rotor d'obturateur (27) comprenant au moins une cannelure droite intérieure coopérant avec au moins une cannelure droite extérieure qui comprend un arbre d'entraînement.

20 25. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 18, 23 et 24, **caractérisé en ce que** le dispositif de déphasage angulaire du rotor d'obturateur (27) qui permet d'avancer ou de retarder l'ouverture de la ou des soupape(s) (2) est constitué d'un fourreau d'ouverture (37) comprenant d'une part au moins une cannelure hélicoïdale intérieure (75) coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale extérieure (60) que comporte l'arbre d'entraînement dudit fourreau d'ouverture (37), et d'autre part au moins une cannelure droite extérieure (76) coopérant avec au moins une cannelure droite intérieure (34) que comporte le rotor d'obturateur (27), ledit fourreau d'ouverture (37) pouvant être manœuvré en translation parallèlement à son axe de rotation par une fourchette d'avance ouverture de soupape (61) afin d'avancer ou de retarder l'ouverture de la ou des soupape(s) (2) par déphasage angulaire du rotor d'obturateur (27) qu'il entraîne en rotation, tandis que la levée de la ou des soupape(s) (2) est contrôlée indépendamment au moyen de la fourchette de levée de soupape

(62) qui agit sur la position longitudinale du rotor d'obturateur (27) par rapport au ou aux orifice(s) de sortie de pompe (29), ledit rotor d'obturateur (27) comportant les protubérances (28) de section variable qui assurent un temps d'obturation variable.

5

26. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le sélecteur d'ouverture de soupapes (11) est constitué d'une ou plusieurs électrovanne(s) pilotée(s) par un calculateur.

10

27. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le sélecteur d'ouverture de soupapes (11) est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin (5) du moteur (12).

15

28. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le sélecteur d'ouverture de soupapes (11) est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter de sélecteurs (66), tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin (5) du moteur (12), et comportant un rotor de sélecteur d'ouverture (38) muni d'une came (39) qui actionne un ou plusieurs distributeur(s) d'ouverture de soupape disposé(s) radialement dans le carter de sélecteurs (66).

20

29. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 27, **caractérisé en ce que** le rotor de sélecteur d'ouverture (38) est muni d'un dispositif de déphasage angulaire par rapport au vilebrequin (5) du moteur (12) de sorte que le sélecteur d'ouverture de soupapes (11) puisse être synchronisé avec l'obturateur de sortie de pompe (8) et puisse sélectionner la ou les soupape(s) (2) au moment recherché.

25

30. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1, 25 et 28, **caractérisé en ce que** le rotor de sélecteur d'ouverture (38) comportant une came (39) est solidaire du fourreau d'ouverture (37) ce qui permet au sélecteur d'ouverture de soupapes (11) de rester synchronisé avec le moment d'ouverture de la ou des soupape(s) (2) qui dépend du déphasage angulaire du rotor d'obturateur (27) par rapport au

30

35

vilebrequin (5) du moteur (12), la fourchette d'avance ouverture de soupape (61) permettant alors de déphasier simultanément et dans les mêmes proportions le rotor de sélecteur d'ouverture (38) et le rotor d'obturateur (27) par rapport au vilebrequin (5).

5

31. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 28 et 29, **caractérisé en ce que** le dispositif de déphasage angulaire du rotor de sélecteur d'ouverture (38) est constitué d'au moins une cannelure hélicoïdale (77) aménagée à l'intérieur dudit rotor de sélecteur d'ouverture (38) coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale aménagée à l'extérieur de l'arbre d'entraînement dudit rotor de sélecteur d'ouverture (38), le déphasage s'opérant au moyen d'une fourchette par translation dudit rotor de sélecteur d'ouverture (38) parallèlement à son axe de rotation et la came (39) étant de largeur suffisante pour actionner les distributeurs d'ouverture de soupape quelle que soit sa position longitudinale par rapport à ces derniers.

10

15

32. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 28, **caractérisé en ce que** chaque distributeur d'ouverture de

20

soupape (40) est constitué d'une pièce cylindrique (78) munie d'au moins une gorge (41) et prenant place dans un alésage aménagé dans le carter de sélecteurs (66), chaque gorge (41) étant amenée par translation axiale de la pièce cylindrique (78) imprimée par la came (39) au niveau d'au moins un conduit (42) aménagé dans le carter de sélecteurs (66), afin de permettre la circulation du fluide hydraulique dans chaque conduit (42), ladite pièce cylindrique (78) étant maintenue à une distance recherchée du rotor de sélecteur d'ouverture (38) par l'action conjuguée d'un épaulement (44) aménagé sur ladite pièce cylindrique (78) et prenant appui sur le carter de sélecteur (66), et d'un ressort (43) maintenu comprimé par un bouchon (45) vissé dans le carter de sélecteur (66).

25

30

33. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 32, **caractérisé en ce que** le bouchon (45) vissé dans le carter de sélecteurs (66) définit une chambre 46 qui contient le ressort (43) et qui est reliée au circuit basse pression (9) ou au réservoir (58) par un conduit.

35

34. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le sélecteur de fermeture de soupapes (25) est constitué d'une ou plusieurs électrovanne(s) pilotée(s) par un calculateur.

5

35. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le sélecteur de fermeture de soupapes (25) est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin (5) du moteur (12).

10

36. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le sélecteur de fermeture de soupapes (25) est un dispositif mécanique rotatif contenu dans un carter et tournant à une vitesse proportionnelle à celle du vilebrequin (5) du moteur (12) et comportant un rotor de sélecteur de fermeture (47) muni d'une came (48) qui actionne un ou plusieurs distributeur(s) de fermeture de soupape disposé(s) radialement dans ledit carter.

15

37. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 34, caractérisé en ce que le rotor de sélecteur de fermeture (47) est muni d'un dispositif de déphasage angulaire par rapport au vilebrequin (5) du moteur (12) de sorte que la fermeture de la ou des soupape(s) (2) puisse être avancée ou retardée.

20

38. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 36 et 37, caractérisé en ce que le dispositif de déphasage du rotor de sélecteur de fermeture (47) est constitué d'au moins une cannelure hélicoïdale (79) aménagée à l'intérieur dudit rotor de sélecteur de fermeture (47) coopérant avec au moins une cannelure hélicoïdale aménagée à l'extérieur de l'arbre d'entraînement dudit rotor de sélecteur de fermeture (47), le déphasage s'opérant au moyen d'une fourchette de retard fermeture de soupape (63) par translation dudit rotor de sélecteur de fermeture (47) parallèlement à son axe de rotation et la came (48) étant de largeur suffisante pour actionner les distributeurs de fermeture de soupape (49) quelle que soit sa position longitudinale par rapport à ces derniers.

25

30

35

39. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 36, caractérisé en ce que chaque distributeur de fermeture de soupape (49) est constitué d'une pièce cylindrique (80) munie d'au moins une gorge (50) et prenant place dans un alésage aménagé dans le carter de sélecteurs (66), chaque gorge (50) étant amenée par translation axiale de la pièce cylindrique (80) imprimée par la came (48) au niveau d'au moins un conduit (42) aménagé dans le carter de sélecteurs (66), afin de permettre la circulation du fluide hydraulique dans chaque conduit (42), ladite pièce cylindrique (80) étant maintenue à une distance recherchée du rotor de sélecteur de fermeture (47) par l'action conjuguée d'un épaulement (51) aménagé sur ladite pièce cylindrique (80) et prenant appui sur le carter de sélecteur (66), et d'un ressort (52) maintenu comprimé par un bouchon (53) vissé dans le carter de sélecteur (66).
- 15 40. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 39, caractérisé en ce que le bouchon (53) vissé dans le carter de sélecteurs (66) définit une chambre (73) qui contient le ressort (52) et qui est reliée au circuit basse pression (9) ou au réservoir (58) par un conduit.
- 20 41. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit haute pression (10) comporte au moins un clapet anti-retour de fermeture (54) en amont ou en aval du sélecteur de fermeture de soupape (25) afin d'empêcher que le fluide hydraulique contenu dans le vérin hydraulique (3) d'une ou plusieurs soupape(s) (2) en phase de fermeture ne puisse être introduit dans le vérin hydraulique (3) d'une autre ou d'autre(s) soupape(s) (2) devant rester fermée(s).
- 30 42. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 41, caractérisé en ce que le clapet anti-retour de fermeture (54) positionné en amont ou en aval du sélecteur de fermeture de soupape (25) est constitué d'une bille maintenue sur son siège par un ressort.
- 35 43. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le clapet anti-retour d'entrée de pompe (26) est constitué d'une bille maintenue sur son siège par un ressort.

44. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 41, caractérisé en ce que les composants que sont la pompe hydraulique volumétrique (4), l'obturateur de sortie de pompe (8), le sélecteur d'ouverture de soupapes (11), le ou les clapet(s) anti-retour d'ouverture (24), le sélecteur de fermeture de soupapes (25) et le ou les clapet(s) anti-retour de fermeture (54), sont contenus ensemble ou par groupe dans un carter commun constitué d'une ou plusieurs pièces.
- 10 45. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1, 18, 28 et 36, caractérisé en ce que la pompe hydraulique volumétrique (4), le rotor d'obturateur (27), le rotor de sélecteur (38), et le rotor de sélecteur de fermeture (47), ou une combinaison quelconque de ces quatre dispositifs sont entraînés en rotation par un arbre 15 commun (59) lui-même entraîné en rotation par le vilebrequin (5) du moteur (12) au moyen d'un dispositif de transmission.
- 20 46. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 45, caractérisé en ce que le dispositif de transmission entraînant l'arbre commun (59) est constitué d'une poulie (74) entraînée en rotation par le vilebrequin (5) du moteur (12) au moyen d'une courroie crantée ou d'une chaîne, ou d'un système d'engrenages constitué d'au moins un pignon.
- 25 47. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 23, 25, 31, 38 et 45, caractérisé en ce que l'arbre commun (59) est muni d'au moins une cannelure hélicoïdale (60) qui entraîne en rotation le rotor d'obturateur (27), le rotor de sélecteur d'ouverture (38), le fourreau d'ouverture (37) et le rotor de sélecteur de fermeture (47) ou 30 une combinaison quelconque de ces trois dispositifs et coopère avec les cannelures hélicoïdales de certains de ses dispositifs pour en permettre le déphasage angulaire par rapport au vilebrequin (5) du moteur (12).
- 35 48. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1, 18, 23, 24, 28, 36, 38, 41 et 45 caractérisé en ce que le carter commun est constitué de quatre carters principaux qui

contiennent l'arbre commun (59) et qui sont assemblés bout à bout avec respectivement :

- ❖ un carter de pompe (64) comprenant la pompe hydraulique volumétrique (4) et
5 le ou les clapet(s) anti-retour d'entrée de pompe (26),
- ❖ un carter d'obturateurs (65) contenant le rotor d'obturateur (27) et le ou les orifice(s) de sortie de pompe (29),
- ❖ un carter de sélecteurs (66) contenant la fourchette de levée de soupape (62),
10 le rotor de sélecteur d'ouverture (38), le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape (40), la fourchette d'avance ouverture de soupape (61), le rotor de sélecteur de fermeture (47), le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape (49), la fourchette de retard fermeture de soupape (63), le ou les clapet(s) anti-retour d'ouverture (24), et pouvant comporter le ou les clapet(s) anti-retour de fermeture (54),
- 15 ❖ et un carter de collecteur de fermeture (67).

49. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 48, **caractérisé en ce que** le carter d'obturateurs (65) est traversé par des conduits reliant la ou les sortie(s) (6) de la pompe hydraulique volumétrique (4) avec le ou les obturateur(s) de sortie de pompe (8) d'une part, et avec un collecteur d'ouverture (68) constitué d'un réseau de conduits aménagé au plan de joint entre le carter d'obturateurs (65) et le carter de sélecteurs (66) d'autre part, et reliant la ou les entrée(s) (7) de la pompe hydraulique volumétrique (4) avec un collecteur de fermeture (69) constitué d'un réseau de conduits aménagé au plan de joint entre le carter de sélecteurs (66) et le carter de collecteur de fermeture (67).

50. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1, 48 et 49, **caractérisé en ce que** le carter de sélecteurs (66) est traversé longitudinalement par des conduits (42) qui relient le collecteur d'ouverture (68) et le collecteur de fermeture (69) et qui peuvent être obturés ou ouverts par le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape (40) et par le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape (49), lesdits conduits (42) comprenant des conduits de départ de soupape (70) situés entre le ou les distributeur(s) d'ouverture de soupape (40) et le ou les distributeur(s) de fermeture de soupape (49) qui sont connectés au vérin hydraulique (3) de la ou des soupapes (2), ledit carter de sélecteurs (66) étant également

traversé longitudinalement par un ou plusieurs conduits qui relient le collecteur de fermeture (69) avec la ou les entrée(s) (7) de la pompe hydraulique volumétrique (4).

- 5 51. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 48, 49 et 50, **caractérisé en ce que** le collecteur d'ouverture (68) permet de relier entre eux les conduits (42) traversant longitudinalement le carter de sélecteurs (66) devant être reliés à une même sortie de pompe (6), ladite sortie de pompe (6) étant connectée audit collecteur d'ouverture (68) par le conduit qui traverse le carter d'obturateurs (65), tandis que le collecteur de fermeture (69) permet de relier entre eux les conduits (42) traversant longitudinalement le carter de sélecteurs (66) devant être reliés à une même entrée de pompe (7), ladite entrée de pompe (7) étant connectée audit collecteur de fermeture (69) par les conduits (42) qui traversent respectivement le carter de sélecteurs (66) et le carter d'obturateurs (65).
- 10 52. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 48, **caractérisé en ce que** des vis 20 d'assemblage (71) traversent de part en part les différents carters (64, 65, 66 et 67) afin de les maintenir assemblés, l'une ou plusieurs des dites vis d'assemblage (71) pouvant servir de glissière aux fourchettes (61, 62 et 63) qui permettent de commander l'ouverture, la levée et la fermeture des soupapes (2).
- 25 53. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1, 23, 24 et 38, **caractérisé en ce que** la 30 fourchette d'avance ouverture de souape (61), la fourchette de levée de souape (62) et la fourchette de retard fermeture de souape (63) sont manœuvrées en translation par des moteurs électriques pilotés par un calculateur qui sont reliés aux dites fourchettes (61, 62 et 63) par des moyens de transmission.
- 35 54. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1, 10, 11, 12, 18 et 44, **caractérisé en ce que** le ou les orifice(s) de sortie de pompe (29) que viennent obturer les protubérances (28) du rotor d'obturateur (27) débouchent à l'intérieur du carter

commun qui comprend notamment l'arbre commun (59), ledit carter commun constituant une chambre fermée raccordée :

- ❖ au carter d'huile de graissage du moteur (72) au moyen d'un conduit,
 - 5 ❖ ou au circuit de graissage sous pression (15) du moteur (12),
 - ❖ ou à un carter de fluide hydraulique indépendant du carter d'huile de graissage du moteur (72),
 - ❖ ou maintenu sous pression par la pompe additionnelle (13).
- 10 55. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un même conduit raccordé au circuit hydraulique haute pression (10) alimente simultanément plusieurs vérins hydrauliques (3) au travers d'un diviseur de débit qui assure une levée sensiblement identique aux soupapes (2) actionnées par lesdits vérins**
- 15 hydrauliques (3).
56. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que l'obturateur de sortie de pompe (8) et le sélecteur d'ouverture de soupapes (11) sont rassemblés en un seul distributeur combiné (81) comportant au moins une entrée raccordée à la sortie (6) de la pompe hydraulique volumétrique (4), pouvant être mise en relation soit avec une sortie raccordée au circuit basse pression (9), soit avec une sortie raccordée à au moins un vérin hydraulique (3).**
- 20 25 57. Actionneur hydraulique de soupapes pour moteurs à pistons suivant l'une quelconque des revendications 1 et 44, **caractérisé en ce que le carter commun comprend un socle dans lequel est logé au moins un vérin hydraulique (3), ledit socle étant fixé sur la culasse du moteur (12) afin que chaque vérin hydraulique (3) soit en contact avec l'extrémité supérieure de la queue de la soupape (2) correspondante dudit moteur (12) et puisse actionner ladite soupape.**